

Gutachten

zur Bachelorarbeit von Jakub Kořenek

Thema: Untersuchung von Strukturen und Beschichtungen für tribologisch optimierte Umformwerkzeugoberflächen für die Aluminiumfeinblechbearbeitung

Aufgabenstellung

Bei der umformtechnischen Verarbeitung von Leichtbauwerkstoffen wie Aluminium ergeben sich insbesondere durch die hohe Adhäsionsneigung werkstoffspezifische Verschleißerscheinungen an der Werkzeugoberfläche wie Riefen sowie Beeinträchtigungen des Werkstoffflusses, die letztlich zu Fehlern am Bauteil führen. Ein weiteres Problem stellt die Aluminium-spezifische Flitterbildung und die damit verbundene Verschmutzung des Umformwerkzeuges dar. Vor allem in Folgeverbundwerkzeugen kann dadurch die Teilequalität in hohem Maße beeinträchtigt werden. Durch geeignete tribologische Maßnahmen, wie z. B. der Einsatz von speziell für die Aluminiumverarbeitung entwickelten Schmierstoffen oder die Beschichtung der Werkzeug-Aktivteile, lassen sich Werkzeugverschleiß und Flitterbildung reduzieren. Weiterhin kann durch Modifizierungen der Oberflächentopographie an den Aktivteilen, z. B. mit Laserinterferenz-Strukturen, eine positive Beeinflussung der tribologischen Bedingungen im Umformprozess für die Aluminiumfeinblechumformung erzielt werden. Im Rahmen der Arbeit sind deshalb mit Hilfe geeigneter Versuchsstände Untersuchungen zur Auswahl geeigneter Oberflächenstrukturen für Werkzeuge sowie von Schmierstoffen und Beschichtungen zu realisieren.

Ziel der Arbeit war die Bewertung von der strukturierten und tribologisch optimierten Werkzeugoberflächen hinsichtlich eines verbesserten Werkstoffflusses und Vermeidung von Adhäsion. Dazu sollte zunächst eine Recherche zum Stand der Wissenschaft und Technik bezüglich der Strukturierung von Werkzeugen für die Aluminiumverarbeitung und deren tribologische Bewertungsmethoden (Tribometerversuch, Streifenziehversuch) durchgeführt werden. Auf der Basis der Erstellung eines Versuchsplanes für Streifenziehversuche, bei denen die Werkzeugstrukturierung und Parameter, wie z. B. Flächenpressung, Ziehgeschwindigkeit, Umformtemperatur, Schmierstoff variiert werden, war die Durchführung der Versuche zur Bestimmung von Reibkoeffizienten durch den Flachbackenversuch sowie den Streifenziehversuch mit und ohne Umlenkung geplant. In der Auswertung der Versuche sollten die Verschleißerscheinungen an den Werkzeugelementen untersucht sowie die Ergebnisse verglichen werden, um abschließend eine Einsatzempfehlung abzuleiten.

Inhaltliche Bewertung

Herr Kořenek beginnt die Arbeit mit einer kurzen Einleitung, wobei das eigentliche Thema der Arbeit nur gestreift wird.

Im Stand der Technik geht er zunächst auf die Aluminiumumformung ein und arbeitet die Besonderheiten bei der Blechumformung von Aluminium heraus. Gesondert betrachtet er dabei die Tribologie im Allgemeinen und vertiefend das tribologische System bei der Blechumformung, insbesondere die Reibung und deren Auswirkung auf den Verschleiß.

In dem Abschnitt tribologische Optimierung von Umformwerkzeugen beschreibt er umfangreich thermochemische sowie Beschichtungsverfahren und geht auf die Beschichtungswerkstoffe sowie die verschiedenen Verfahren zur Oberflächenstrukturierung von Werkzeugoberflächen ein. Das Kapitel Stand der Technik schließt er mit der Darstellung von Mess- und Prüfmethoden für tribologische Prüftechnik ab. In diesem Abschnitt erläutert er die Funktionsweise von Streifenzug- sowie Tribometerversuchen zur Ermittlung der Reibwerte für verschiedene Paarungen aus Werkstück- und Werkzeugwerkstoffen und schließt mit den Auswertungsmethoden ab. In dem Kapitel zum Stand der Technik fällt auf, dass zwar eine umfangreiche Auflistung von Verfahren und Definitionen mit ausführlicher Literaturrecherche erfolgt, jedoch nur wenig Bezug zu gegenwärtigen wissenschaftlichen Erkenntnissen genommen wird, vor allem in Hinblick auf die Aufgabenstellung und die Thematik der Bachelorarbeit.

Herr Kořenek beginnt den Hauptteil mit einer kurzen Zielstellung der Arbeit, in der er die allgemeine Vorgehensweise beschreibt. Das Herausarbeiten von klaren Lösungsansätzen wäre hier wünschenswert gewesen.

Im Kapitel 4 beschreibt er die Versuchsvorbereitung zur Realisierung seines äußerst umfangreichen Versuchsprogrammes, bestehend aus oszillierenden Tribometerversuchen und Streifenziehversuchen (Flachbahn, mit Umlenkung). Gezielt geht er in den dazugehörigen Abschnitten auf die Parameterkombinationen für verschiedene Oberflächenstrukturen und Beschichtungen, die Versuchsfaktoren und Vorgehensweisen sowie die Anlagentechnik ein. Er unterstreicht damit die vielfältigen Möglichkeiten zur Einstellung unterschiedlicher tribologischer Bedingungen, wobei jedoch für den Leser die Gründe für die getroffene Auswahl an Oberflächenmodifikationen bzw. Beschichtungsvarianten nicht deutlich werden.

In Kapitel 5 stellt Herr Kořenek die Versuchsdurchführung für die oszillierenden Tribometerversuche, die Flachbahn-Streifenziehversuche und Streifenziehversuche mit Umlenkung vor und stellt sehr übersichtlich die Versuchsparameter und die jeweiligen Prüfstände dar. Der vollständige Versuchsplan wird im Text ansatzweise beschrieben und ist als Anlage enthalten. Günstiger wäre hier allerdings die Darstellung in Form einer übersichtlichen Matrix mit einer konkreten Bezeichnung der Parameterkombinationen aus Beschichtung und Oberflächenstrukturierung gewesen, die insgesamt auch für die Auswertung der Ergebnisse hätte genutzt werden können.

Kapitel 6 enthält den wohl wichtigsten Teil der Arbeit: die Versuchsauswertung für die jeweils betrachteten Verfahren zur Reibwertermittlung. Herr Kořenek hat hier große Anstrengungen unternommen, um die Vielzahl der Versuchsergebnisse übersichtlich in Diagrammen zusammenzufassen und auszuwerten, was ihm auch sehr gut gelungen ist. Hervorzuheben ist auch, dass Herr Kořenek die Ergebnisse zu den betrachteten Verfahren jeweils mit einer kleinen Zusammenfassung abschließt. Da jedoch nicht immer eine Verknüpfung zwischen den Versuchsbezeichnungen in den Diagrammen und den Parameterkombinationen gegeben ist, ist für den Leser nur durch einen Vergleich zwischen dem Textteil, den Diagrammen sowie der Anlagen eine Zuordnung der gefundenen Erkenntnisse und der Analysen der Parameter nachvollziehbar.

Die gleiche Problematik tritt auch bei der Darstellung des ermittelten Verschleißes auf. Ein einfacher Vergleich ist für den Leser erschwert, da z. B. die x-Achsen der Diagramme, in denen er die Ergebnisse der Reibwerte in Zusammenhang mit den Flächenpressungen und

den Wiederholungsversuchen darstellt, mit den Probennummern und nicht mit den Parameterkombinationen der Beschichtung sowie Oberflächenstrukturierung beschriftet sind.

Die gewählten Flächenpressungen werden in diesen Abschnitt jedoch begründet. Der mittlere Reibwert wird in Abhängigkeit der Probennummern dargestellt, ebenso die Entwicklung über vier Versuche. Die Ergebnisse diskutiert Herr Kořenek umfassend und gut. In einem weiteren Vergleich zeigt er auch für ausgewählte Parameterkombinationen die Entwicklung des Reibwertes für verschiedene Flächenpressungen und analysiert diese. Vor einem abschließenden Vergleich der Versuchsreihe zu den Flachbahn-Streifenziehversuchen betrachtet er noch die verschiedenen Verschleißerscheinungen der Parameterkombinationen aus Beschichtung und Oberflächenstrukturierung – sehr gut nachvollziehbar durch die vergleichenden Mikroskopaufnahmen.

Herr Kořenek schließt die Bachelorarbeit mit einer Zusammenfassung und einen Ausblick ab, wobei eine Einsatzempfehlung für eine Oberflächenstruktur oder Beschichtung für Werkzeuge in der Aluminiumumformung auf Basis der Ergebnisse nicht getroffen wird.

Bewertung von Aufbau und Form

Die Dokumentation der Ergebnisse entspricht voll und ganz den Anforderungen an eine wissenschaftliche Arbeit. Die Strukturierung/Gliederung der Arbeit ist logisch und gut nachvollziehbar. Die Verzeichnisse sind vollständig und das Literaturverzeichnis inhaltlich richtig gegliedert. Aussagekräftige Bilder und Diagramme unterstützen die schriftliche Ausführung.

Ein eigenständiger Abschnitt, welcher den Vergleich der Ergebnisse des Reibwerts und des Verschleißes aus den Experimenten des Tribometersversuches und der Streifenziehversuche (Flachbahn und Umlenkung) für die jeweiligen Parameterkombinationen (Beschichtung und Oberflächenstrukturierung) beinhaltet, hätte die Arbeit bereichert und weitere zusammenfassende Analysen ermöglicht.

Gesamtbewertung

Herr Kořenek zeigte in der Bearbeitung der Aufgabenstellung sehr großes Engagement und Eigeninitiative zur Lösung der komplexen und technischen Probleme. Er zeichnet sich durch eine selbstständige und zielstrebige Arbeitsweise aus. Herr Kořenek hat damit nachgewiesen, dass er in der Lage ist, sein im Studium erworbenes Wissen zur Lösung einer komplexen Aufgabenstellung anzuwenden.

Die Arbeit wird mit

2,0 (gut)

bewertet.

Chemnitz, 04.11.2019

Dr.-Ing. Thomas Hänel